

УДК 669.21/23

**РОЛЬ ТРЕХВАЛЕНТНОГО ЖЕЛЕЗА В ПРОЦЕССЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СУЛЬФИДНОГО
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА****Фирцов А.А., Фирцова Н.А., Сидоркин А.А.****Научные руководители – доцент, к.т.н. Колмакова Л.П., доцент, к.т.н. Ковтун О.Н.*****Сибирский федеральный университет, г. Красноярск***

Бактериальное выщелачивание на зарубежных и Российских (Олимпиадинский горно-обогатительный комбинат ЗАО “Полус”) золотодобывающих фабриках применяют для окисления арсенопиритно – пирротиновых концентратов перед сорбционным цианированием золота. Технология позволяет извлекать до $(90 \div 95)\%$ золота из концентрата при умеренном расходе цианистого натрия ($10 \div 12$ кг/т биокека). Однако с вовлечением в переработку упорных руд, содержащих более $(5 \div 10)\%$ пирита и антимонита, показатели технологии ухудшаются: извлечение золота снижается до $(45 \div 50)\%$, а расход цианистого натрия возрастает до $50 \div 60$ кг/т биокека.

Поэтому поиск мероприятий для повышения эффективности бактериального выщелачивания упорного сульфидного золотосодержащего сырья является актуальным.

Процесс окисления сульфидного концентрата осуществляется как микроорганизмами, так и ионами Fe^{3+} . В литературных источниках отсутствуют сведения о степени окисления сульфидных минералов ионами Fe^{3+} и его влиянии на технико-экономические показатели (ТЭП) технологии извлечения золота из сырья.

На кафедре металлургии цветных металлов Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета проведены исследования по окислению индивидуальных минералов пирротина, арсенопирита, пирита и антимонита ионами Fe^{3+} и определено влияние этого процесса на последующие операции извлечения золота из биокека – продукта бактериального выщелачивания сульфидного концентрата.

Окисление сульфидных минералов проводили в растворах $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ с начальной концентрацией железа ≈ 24 г/л, температуре 36°C в течение 8 часов. Масса исследуемого образца составляла 2г, объем раствора 0,1л, скорость вращения мешалки 5 об/с. Анализ раствора на содержание Fe^{3+} осуществляли потенциометрическим методом по калибровочной кривой, а содержание элементарной серы в образцах после окислительного выщелачивания определяли люминесцентным рентгенофазовым анализом. Процесс окисления сульфидных минералов проводили в атмосфере аргона, который подавали в реактор со скоростью ≈ 5 л/час.

Изучено влияние температуры, концентрации железа (III), продолжительности и добавок различных поверхностно-активных веществ на степень окисления сульфидных минералов и влияние состава биокека на показатели его сорбционного цианирования.

Установлено, что пирит и антимонит ионами Fe^{3+} в интервале температур $(36 \div 80)^\circ\text{C}$ практически не окисляются ($\epsilon_{\text{окисл}} = 2 \div 3\%$), что обусловлено не только гидрофобностью их поверхности, но и прочностью кристаллической решетки (FeS_2) и отсутствием растворителей для оксидных соединений сурьмы. Добавка в сернокислый раствор железа (III) гидрофиллизаторов (желатин, серощелочной реагент, кислый раствор кремневой кислоты) увеличивает степень окисления антимонита до $(21 \div 37)\%$, пирита до $(23 \div 25)\%$. Сульфидная сера этих минералов окисляется до S^0 .

Минералы пирротин и арсенопирит взаимодействуют с раствором $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ значительно интенсивнее и при температуре 36°C , концентрации железа (III) 15г/л окисляются на $(75 \div 80)\%$ в течение 24 часов. Процессы протекают в кинетической области,

о чем свидетельствуют экспериментальные энергии активации (для Fe_7S_8 $E = 40$ кДж/моль, для FeAsS $E = 42$ кДж/моль) и дробные порядки реакций по ионам $\text{Fe}^{3+} = 1,3 \div 1,4$. Продуктами окисления этих минералов является элементарная сера, Fe^{2+} и As^{3+} .

Экспериментальные данные по окислению пирротина и арсенопирита хорошо коррелируются с производственными показателями бактериального окисления сульфидного золотосодержащего концентрата на Олимпиадинском ГОК: эти минералы окисляются на $\approx 80\%$ в течение $12 \div 20$ часов с образованием элементарной серы ($7 - 8\%$ в биокеке) и увеличением концентрации железа в биопульпе до $(15 \div 25)$ г\л.

При снижении pH биопульпы до $1,8 \div 2,0$ из раствора осаждаются труднорастворимые соединения (ТРС) железа (III), биокек содержит следующее их количество, %: $30 \div 35$ ярозита, $8 \div 10$ гетита, $4 \div 6$ скородита. Эти ТРС осаждаются на поверхности сульфидных минералов, экранируют их, затрудняют доступ микроорганизмов и диффузию реагентов к реакционной поверхности, что снижает степень окисления MeS , а также производительность биотехнологии.

Элементарная сера в биопульпе диспергируется гипсом $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который образуется при взаимодействии серной кислоты с карбонатной составляющей концентрата и практически не окисляется бактериями. Поэтому в биокеке, поступающем на сорбционное цианирование, содержится от 4% до 8% S^0 и большое количество FeS_2 и Sb_2S_3 . Антимонит при цианировании пассивирует золото, снижает его извлечение в элюат, а S^0 реагирует с цианистым натрием, что обуславливает его непроизводительный расход.

Таким образом, результаты наших исследований и анализ производственных данных свидетельствуют о главенствующей роли бактерий в процессе окисления сульфидных минералов и негативном влиянии окисления MeS ионами Fe^{3+} .

Благоприятные условия для окисления сульфидных минералов бактериями можно создать, проводя процесс бактериального выщелачивания в пульпах с пониженным содержанием концентрата ($\text{Ж:Т} = 7,5 \div 10$), сорбционным удалением железа, мышьяка и сурьмы из биопульпы или дозировкой в раствор ингибиторов окисления ионов Fe^{2+} и стабилизаторов ионов Fe^{3+} .